Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulación:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Alumno:

RAFAEL LARROSA ESPEJO

Titulo PFC:

DISEÑO DE LA ADAPTACIÓN DE UN JUEGO DE AJEDREZ PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Director del PFC:

DAVID GONZÁLEZ DIEZ

Convocatoria de entrega del PFC:

SEPTIEMBRE DE 2014

Contenido de este volumen: **-ANEXOS-**

ÍNDICE

ANEXO A. Planificación

ANEXO B. Índice de funciones de las librerías utilizadas

ANEXO C. Diagramas de flujo completos

ANEXO D. Conexionado general

ANEXO E. Conexionado Arduino 1 con pantalla LCD

ANEXO F. Conexionado Arduino 2 con matriz LED y Nunchuk

ANEXO G. Manual de instrucciones

ANEXO H. Reglas del ajedrez

ANEXO I. *Datasheets*

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 - Conexionado general esquematizado ____ *12*
Figura 2 - Conexionado general detallado ____ *12*
Figura 3 - Conexión pantalla, botones y buzzer con Arduino ____ *13*
Figura 4 - Conexión matriz y Nunchuk con Arduino ____ *13*
Figura 5 - Conexión filas y columnas con MAX7219 ____ *14*
Figura 6 - Panel LCD con botones ____ *15*

ÍNDICE DE TABLAS

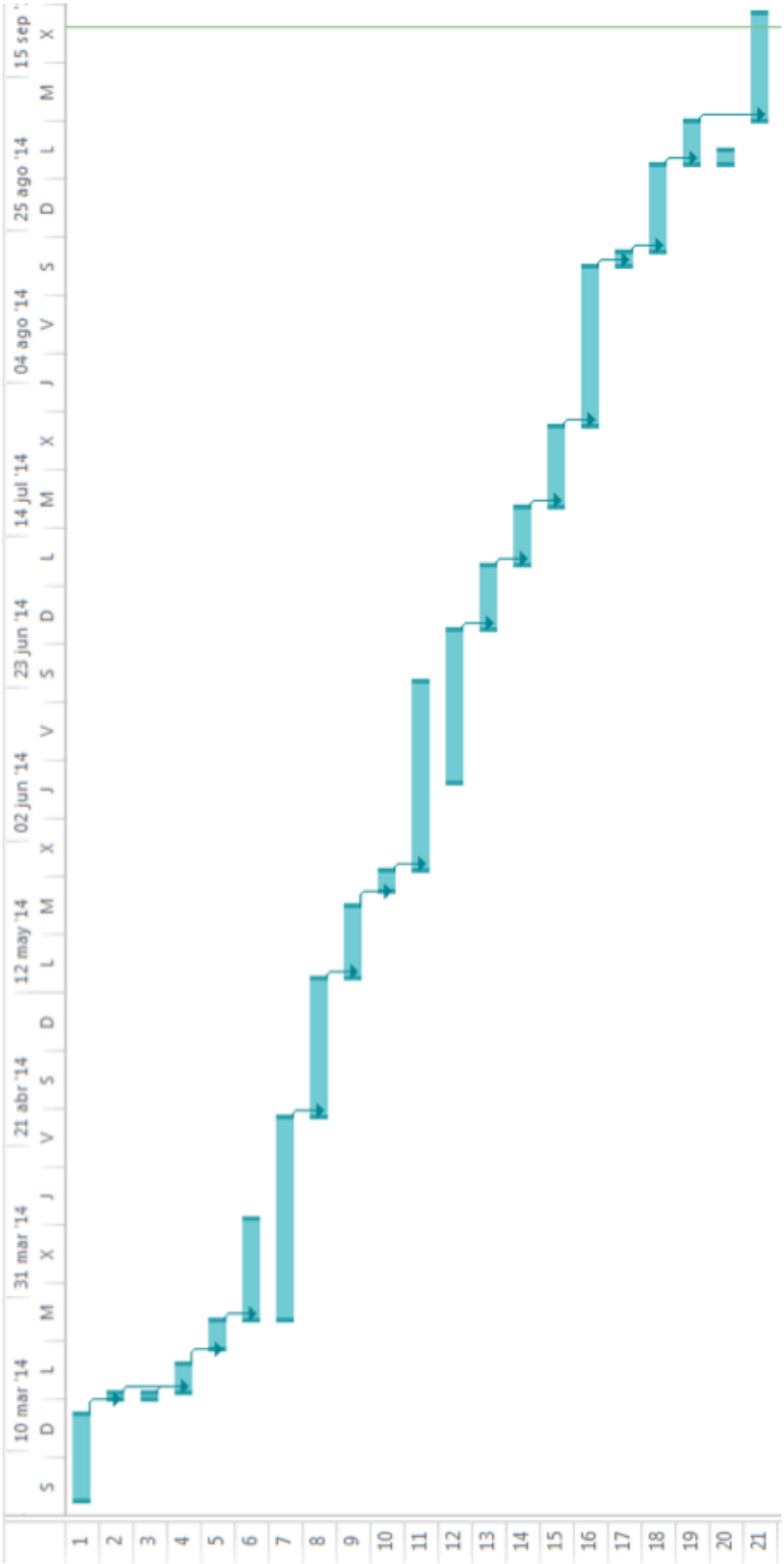
Tabla 1 - Planificación del tiempo *4*

ANEXO A. Planificación

El proyecto tiene fecha de inicio el 3 de Marzo de 2014 y se programa que en 147 días esté listo (23 de Septiembre de 2014). A continuación se muestra un Gant con todas las tareas y sus duraciones en días. En la siguiente página se muestra el diagrama de Gant en forma de esquema.

Tabla 1 - Planificación del tiempo

Nº	Tarea	Durac.	Inicio	Fin	Pred.
1	Búsqueda de información general	10 días	lun 03/03/14	vie 14/03/14	
2	1. Objeto y justificación	1 día	lun 17/03/14	lun 17/03/14	1
3	2. Alcance y Especificación	1 día	lun 17/03/14	lun 17/03/14	
4	3. El Ajedrez	4 días	mar 18/03/14	vie 21/03/14	3;2
5	4. La discapacidad	4 días	lun 24/03/14	jue 27/03/14	4
6	Estudio hardware	10 días	vie 28/03/14	jue 10/04/14	5
7	5. Hardware	20 días	vie 28/03/14	jue 24/04/14	
8	Diseño circuitos electrónicos y montaje	13 días	vie 25/04/14	mar 13/05/14	7
9	Estudio librerías y funcionamiento	8 días	mié 14/05/14	vie 23/05/14	8
10	6. Software	3 días	lun 26/05/14	mié 28/05/14	9
11	Diseño diagrama de flujos y código	18 días	jue 29/05/14	lun 23/06/14	10
12	Pruebas código y modificación	15 días	mar 10/06/14	lun 30/06/14	
13	Mejora código y comunicación serie	7 días	mar 01/07/14	mié 09/07/14	12
14	Calibración mando y pruebas	6 días	jue 10/07/14	jue 17/07/14	13
15	Diseño matriz, cuerpo y brazo robot	7 días	vie 18/07/14	lun 28/07/14	14
16	Fabricación matriz, cuerpo y circuitos	16 días	mar 29/07/14	mar 19/08/14	15
17	Montaje final	2 días	mié 20/08/14	jue 21/08/14	16
18	7. Proceso de diseño y fabricación	8 días	vie 22/08/14	mar 02/09/14	17
19	8. Conclusiones	4 días	mié 03/09/14	lun 08/09/14	18
20	9. Bibliografía	2 días	mié 03/09/14	jue 04/09/14	
21	10. Anexos	11 días	mar 09/09/14	mar 23/09/14	19


10 mar '14
31 mar '14
21 abr '14
12 may '14
02 jun '14
23 jun '14
14 jul '14
04 ago '14
25 ago '14
15 sep
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

ANEXO B. Índice de funciones de las librerías utilizadas

Comunicación serie (Wire.h)

- Serial.begin(19200) → Define la velocidad de comunicación a 19200 baudios.
- Serial.printl(" ") → Envía por puerto serie el valor entre comillas.
- Serial.read() → Lee los valores que llegan por puerto serie.
- Serial.available() → Se cumple cuando hay datos en el puerto serie.

Matriz LED (LedControl.h)

- LedControl lc → Nos crea un objeto llamado "lc". Siempre que queramos referirnos a la matriz para enviarle algún comando será mediante las letras "lc".
- LedControl(2,4,3,1) → Define las conexiones de la matriz. El 2 define el DIN, el 4 el CLK, el 3 el CS y el 1 define que solo hay una matriz conectada, no hay matrices en cascada (el valor máximo es 8).
- lc.shutdown(0, false) → Activa el MAX7219 en modo de ahorro de energía. Todos los LEDS brillaran al mínimo si hay alguno encendido.
- lc.setIntensity(0, 8) → Define la intensidad de brillo de los diodos, en este caso brillaran a la mitad de su limite ya que el máximo es 15.
- lc.clearDisplay(0) → Borra toda la matriz y deja todos los diodos apagados.
- lc.setLed(0,row,col,true) → Permite activar/desactivar un LED enviando la columna, la fila y un *true* o *false* según necesitemos encender o apagar el diodo.

Nunchuk (ArduinoNunchuk.h)

- wii.init(); → Inicia el mando para poder utilizarlo.
- wii.analogX → Lee el valor del potenciómetro X, un valor entre 0 y 255.
- wii.analogY → Lee el valor del potenciómetro Y, un valor entre 0 y 255.
- wii.accelX → Lee el valor del acelerómetro X, un valor entre 0 y 1023.
- wii.accelY → Lee el valor del acelerómetro Y, un valor entre 0 y 1023.
- wii.accelZ → Lee el valor del acelerómetro Z, un valor entre 0 y 1023.
- wii.cButton() → Lee el estado del pulsador C, toma el valor 0 o 1.
- wii.zButton() → Lee el estado del pulsador Z, toma el valor 0 o 1.

Pantalla LCD (LiquidCrystal.h)

- LiquidCrystal lcd (7, 8, 9, 10, 11, 12) → Define las conexiones de la pantalla en este orden: RS , ENABLE (E), D4, D5, D6, D7.
- lcd.begin(20,4); → Define el ancho de 20 caracteres y 4 filas.
- lcd.clear() → Borra todos los datos de la pantalla.
- lcd.setCursor(columna,fila) → Coloca el cursor donde vamos a escribir. Los valores de las columnas van del 0 al 19 y los valores de las filas van del 0 al 3.
- lcd.print("mensaje") → Escribe donde esté colocado el cursor el mensaje entre comillas.
- lcd.createChar(num,data) → Crea caracteres especiales definidos previamente con vector del tipo *byte.* El numero es el identificador del carácter creado (del 0 al 7) y el *data* es el nombre con el que se ha definido anteriormente el vector.

Servomotores (Servo.h)

- Servo myservo → Crea un objeto llamado "*myservo*". Para referirnos a este servomotor y enviar comandos usaremos la palabra "*myservo*".
- myservo.attach(pin) → Se define dentro del *setup* y se asigna el pin por donde se enviarán los pulsos para controlar la posición en cada momento del servomotor "*myservo*".
- myservo.write(num) → Se utiliza para controlar la posición del servomotor "*myservo*" en cada momento, el valor "num" irá de 0 a 179.

ANEXO C. Diagramas de flujo completos

Diagrama completo matriz LED + Nunchuk

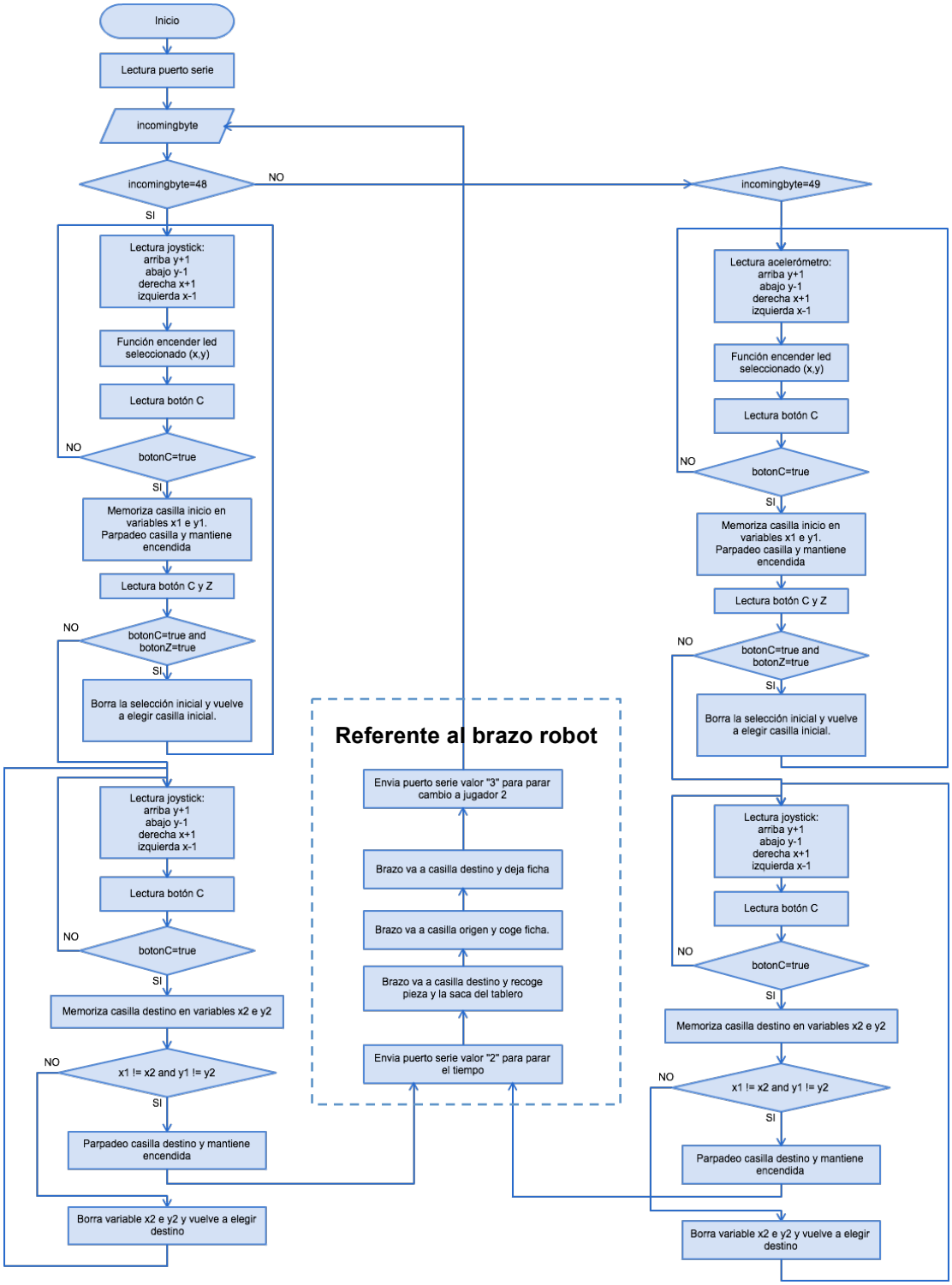
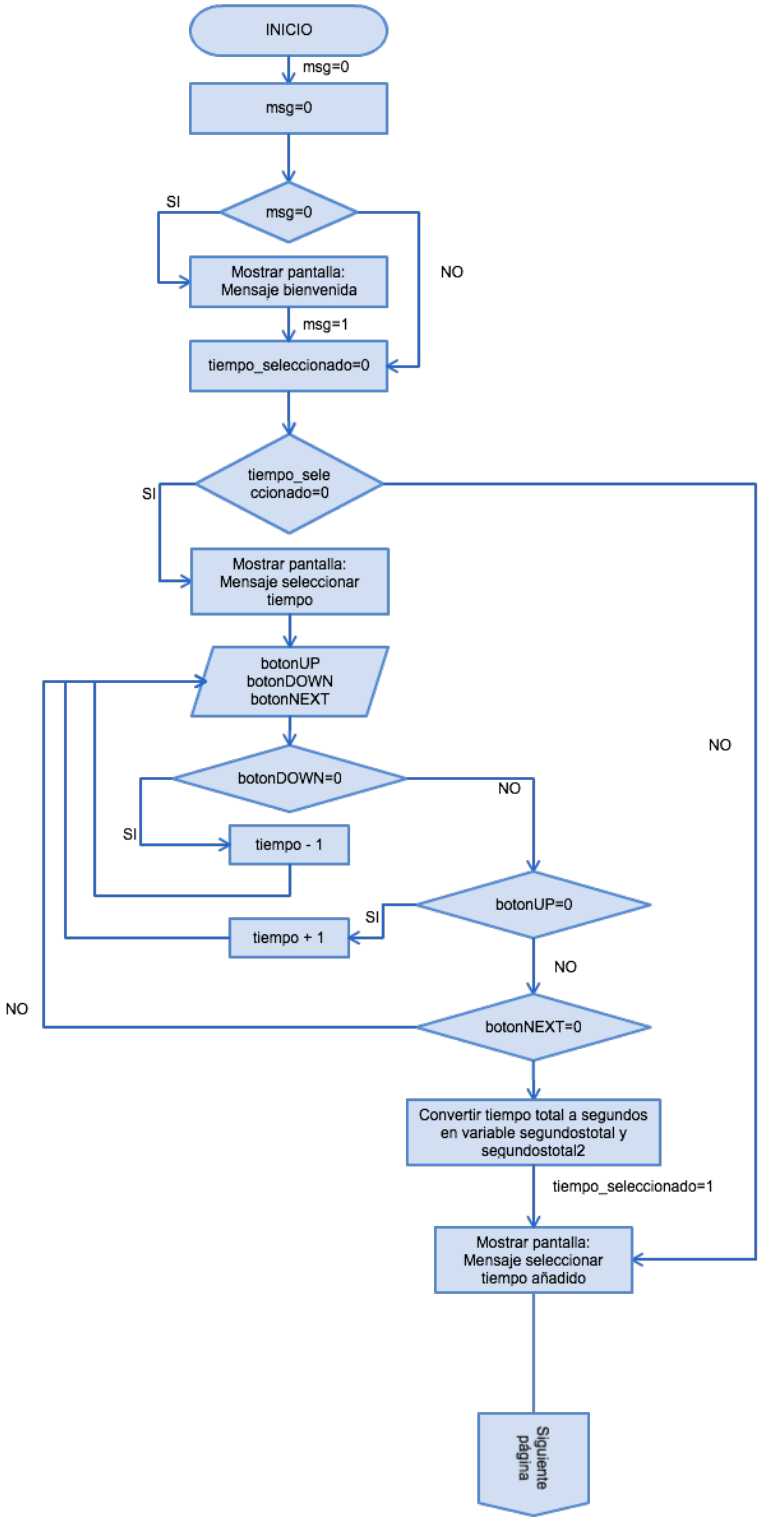
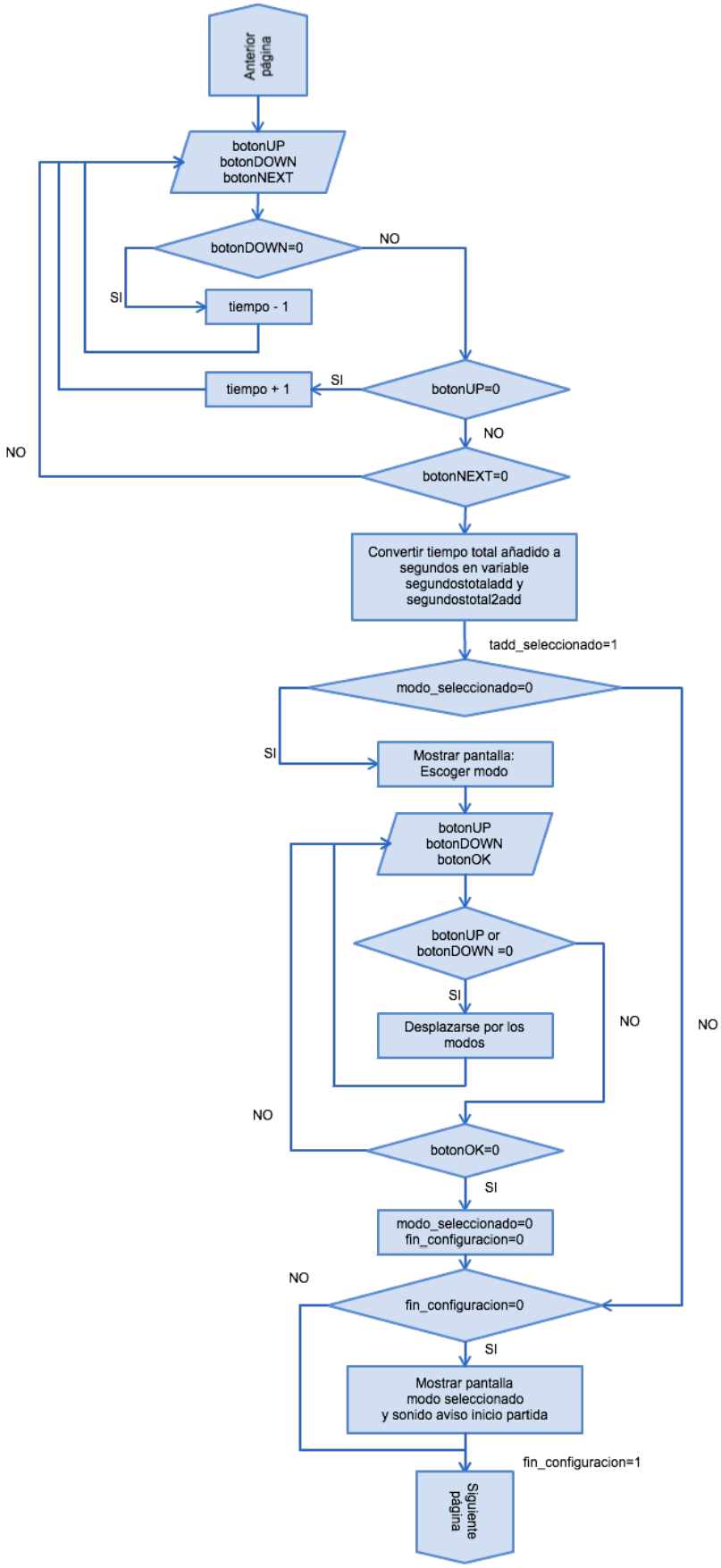
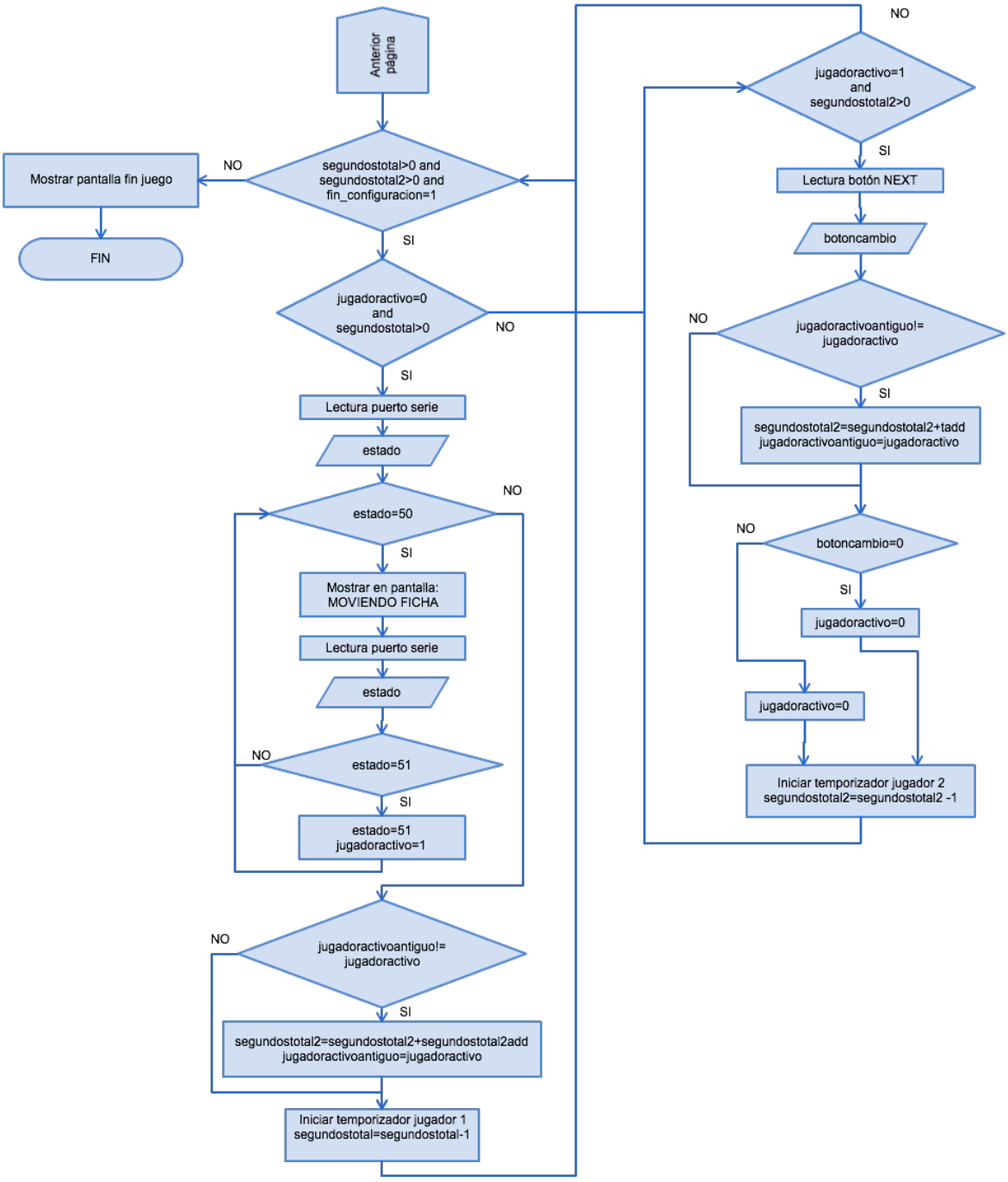

Inicio
Lectura puerto serie
incomingbyte
incomingbyte=48
NO
SI
incomingbyte=49
Lectura joystick: arriba y+1 abajo y-1 derecha x+1 izquierda x-1
Función encender led seleccionado (x,y)
Lectura botón C
botonC=true
Memoriza casilla inicio en variables x1 e y1. Parpadeo casilla y mantiene encendida
Lectura botón C y Z
botonC=true and botonZ=true
Borra la selección inicial y vuelve a elegir casilla inicial.
Lectura acelerómetro: arriba y+1 abajo y-1 derecha x+1 izquierda x-1
Memoriza casilla destino en variables x2 e y2
x1 != x2 and y1 != y2
Parpadeo casilla destino y mantiene encendida
Borra variable x2 e y2 y vuelve a elegir destino
Referente al brazo robot
Envia puerto serie valor "3" para parar cambio a jugador 2
Brazo va a casilla destino y deja ficha
Brazo va a casilla origen y coge ficha.
Brazo va a casilla destino y recoge pieza y la saca del tablero
Envia puerto serie valor "2" para parar el tiempo

Diagrama completo de la pantalla LCD




Anterior página
botonUP
botonDOWN
botonNEXT
botonDOWN=0
NO
SI
tiempo - 1
tiempo + 1
SI
botonUP=0
NO
NO
botonNEXT=0
Convertir tiempo total añadido a segundos en variable segundostotaladd y segundostotal2add
tadd_seleccionado=1
modo_seleccionado=0
SI
Mostrar pantalla: Escoger modo
botonUP
botonDOWN
botonOK
botonUP or botonDOWN =0
SI
Desplazarse por los modos
NO
NO
NO
botonOK=0
SI
modo_seleccionado=0
fin_configuracion=0
NO
fin_configuracion=0
SI
Mostrar pantalla modo seleccionado y sonido aviso inicio partida
fin_configuracion=1
Siguiente página


Anterior página
segundostotal>0 and segundostotal2>0 and fin_configuracion=1
NO
Mostrar pantalla fin juego
FIN
SI
jugadoractivo=0 and segundostotal>0
NO
SI
Lectura puerto serie
estado
estado=50
NO
SI
Mostrar en pantalla: MOVIENDO FICHA
Lectura puerto serie
estado
estado=51
NO
SI
estado=51 jugadoractivo=1
jugadoractivoantiguo!= jugadoractivo
NO
SI
segundostotal2=segundostotal2+segundostotal2add jugadoractivoantiguo=jugadoractivo
Iniciar temporizador jugador 1 segundostotal=segundostotal-1
NO
jugadoractivo=1 and segundostotal2>0
SI
Lectura botón NEXT
botoncambio
NO
jugadoractivoantiguo!= jugadoractivo
SI
segundostotal2=segundostotal2+tadd jugadoractivoantiguo=jugadoractivo
NO
botoncambio=0
SI
jugadoractivo=0
jugadoractivo=0
Iniciar temporizador jugador 2 segundostotal2=segundostotal2 -1

ANEXO D. Conexionado general

En este apartado se incluye un esquema muy simple de todo el conexionado general.

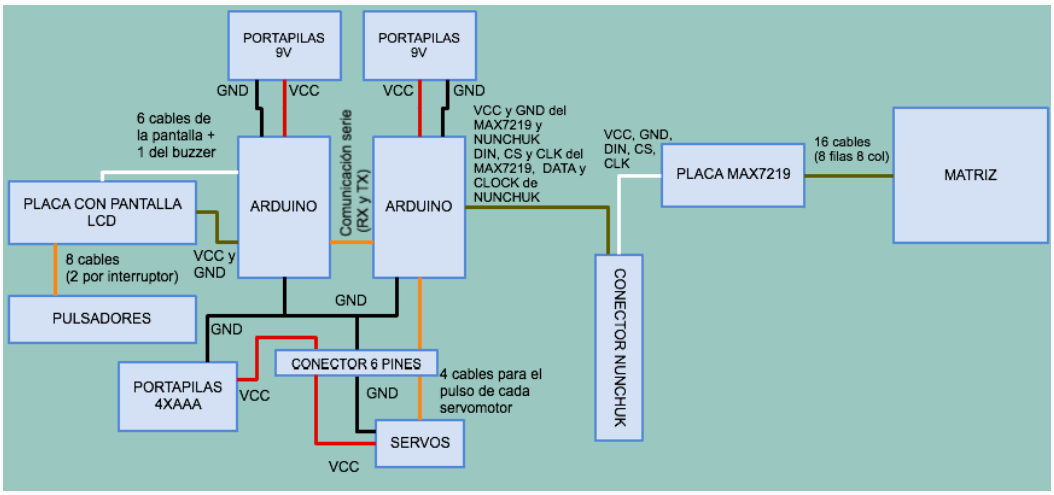


Figura 1 - Conexionado general esquematizado

Este es el esquema general de todo el conexionado del proyecto:

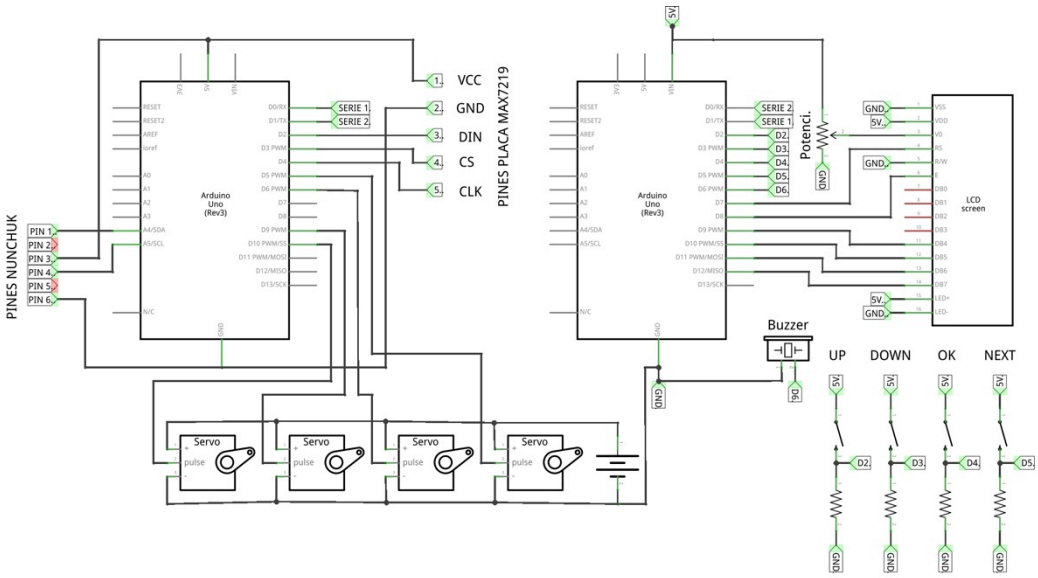


Figura 2 - Conexionado general detallado

ANEXO E. Conexionado Arduino 1 con pantalla LCD

En este apartado se incluye el esquema del conexionado completo de la placa de Arduino 1 con la pantalla LCD, los botones de control UP, DOWN, OK y

NEXT, el *buzzer* y la conexión serie con la placa de Arduino 2 (SERIE 1 y SERIE 2).

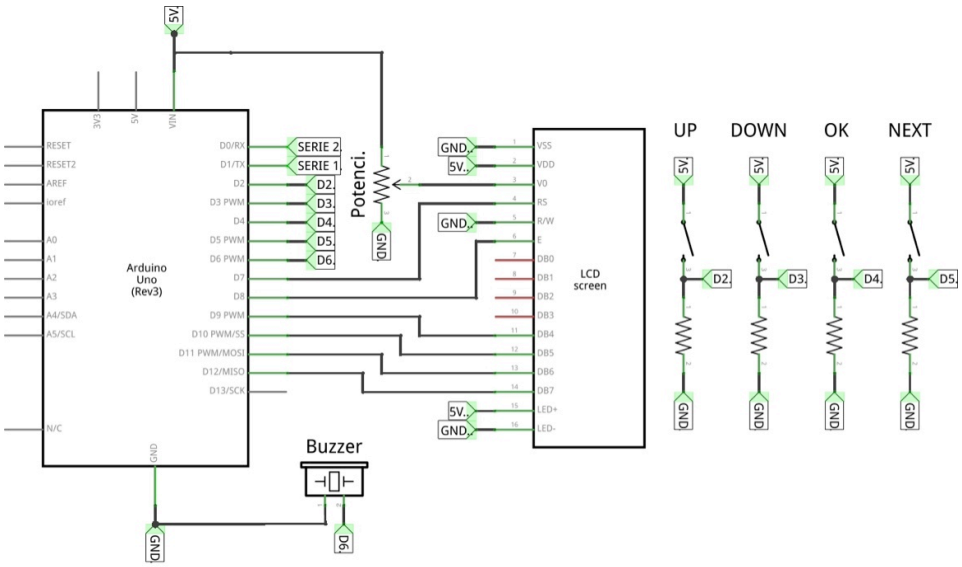


Figura 3 - Conexión pantalla, botones y buzzer con Arduino

Nota: En el caso de no ver nada en la pantalla se deberá cambiar la polaridad de los extremos del potenciómetro ya que solo funciona si están bien conectados los polos.

ANEXO F. Conexionado Arduino 2 con matriz LED y Nunchuk

La conexión de la matriz de Led y el mando Nunchuk con la placa de programación de Arduino es la siguiente:

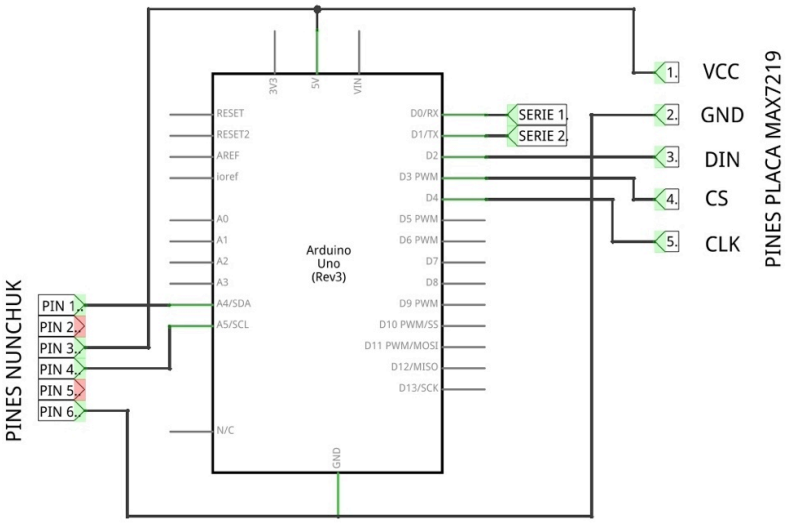


Figura 4 - Conexión matriz y Nunchuk con Arduino

Las conexiones SERIE 1 y SERIE 2 corresponden a la comunicación serie con la placa de Arduino 1.

La conexión de cada columna y fila con el integrado MAX7219 es la siguiente:

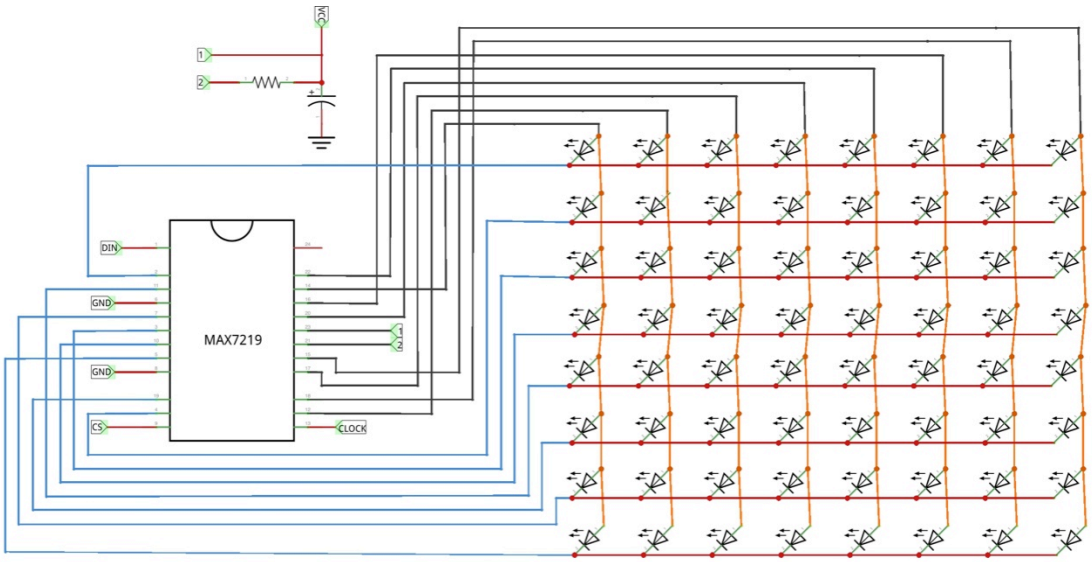


Figura 5 - Conexión filas y columnas con MAX7219

Nota: Los pines del MAX7219 están ordenados del 1 al 24 empezando arriba a la izquierda y acabando arriba a la derecha.

ANEXO G. Manual de instrucciones

Figura 6 - Panel LCD con botones

1. Colocar las dos pilas de 9V en el porta pilas interior.
2. Encender el ajedrez con el interruptor trasero.
3. Se mostrará mensaje de bienvenida en la pantalla del ajedrez durante cuatro segundos.
4. Primero se debe seleccionar el tiempo de juego mediante los dos primeros pulsadores (UP – DOWN). Mediante el tercer botón (OK) se desplaza el cursor entre las horas, minutos y segundos (hh:mm:ss).
5. Una vez seleccionado el tiempo se debe pulsar el cuarto botón (NEXT) para continuar con la configuración.
6. En la siguiente pantalla se escoge el tiempo que se desea añadir después de cada jugada, en caso de no desear tiempo dejar el marcador a 00:00. En caso contrario la metodología es la misma que para la pantalla anterior, botones UP-DOWN para aumentar o disminuir el tiempo, botón OK para desplazar el cursor entre minutos y segundos (mm:ss) y botón NEXT para pasar a la siguiente pantalla.
7. Una vez configurados los tiempos se debe escoger el modo de juego: *joystick* o acelerómetro (se controla inclinado el mando hacia la dirección deseada). Mediante los botones UP y DOWN se desplaza el cursor y se fija pulsando NEXT.
8. Una vez seleccionado se muestra por pantalla el modo seleccionado y empieza la partida del jugador 1. Este debe ser la persona que utiliza el mando para jugar.
9. Mediante el *joystick* o mediante el acelerómetro (según elección anterior) se mueve el cursor (casilla iluminada en azul) por el tablero para escoger la pieza a mover, una vez escogida se debe pulsar el botón C en la parte posterior del mando (si se escoge una casilla por error, pulsando a la vez

el botón C y Z se anula la selección y se vuelve a escoger la pieza a mover).

10. Una vez escogida la figura a mover se selecciona el destino de igual modo mediante el *joystick* o mediante el acelerómetro pulsando el botón C.
11. En caso de tener brazo robot, este se encargará de mover la pieza y cambiar automáticamente de jugador, en caso de no disponer del brazo las casillas quedarán iluminadas un tiempo prudente para mover la pieza. Pasado el tiempo se apagarán las luces y sonarán dos pitidos para indicar que empieza el turno del jugador 2.
12. Una vez el jugador 2 haya movido deberá pulsar el cuarto botón (NEXT) hasta escuchar un pitido que indicará el cambio de turno.
13. En cada cambio de turno se añadirá el tiempo configurado como tiempo añadido a cada jugador.
14. Una vez agotado alguno de los dos tiempos el ajedrez pitará indefinidamente y mostrara en pantalla el mensaje " TIEMPO JUGADOR X AGOTADO. FIN DE LA PARTIDA".
15. En caso de volver a jugar se debe apagar el ajedrez y volverlo a encender con el botón ON-OFF.

ANEXO H. Reglas del ajedrez

Reglas del juego

Cada jugador controla dieciséis piezas blancas o negras. El color de las piezas es asignado al azar a menos que sea un torneo donde va en función del emparejamiento de los jugadores. El tablero se coloca de forma que cada jugador tenga una casilla blanca a su derecha y empieza el jugador que le hayan tocado las piezas blancas.

Los jugadores mueven por turnos y en cada uno de ellos sólo puede mover una pieza, excepto en la jugada llamada enroque que se explicará más adelante.

Cada tipo de ficha se mueve de una forma diferente, a continuación se muestran las normas comunes a las piezas:

- Las piezas no pueden saltar una por encima de otra a excepción del caballo que puede saltar sobre las otras y la torre en el caso de enroque.
- Una pieza no puede ocupar una casilla ocupada por otra pieza del mismo color, pero si por otra del contrario retirándola del tablero. Esta acción se conoce como "tomar" o "capturar".

- Las casillas a las cuales puede moverse una pieza, se dice que están controladas por ésta. Si una pieza se encuentra en una casilla controlada por otra pieza del color contrario, ésta se encuentra atacada por aquélla.
- El rey es la única pieza que no puede moverse o pasar por casillas controladas por piezas contrarias.

Una jugada que se ataca al rey se conoce como jaque, es obligatorio para el jugador cuyo rey está en peligro salir del "jaque", en el caso de no haber defensa posible contra un jaque, el rey está en "jaque mate". El jugador que hace el "jaque mate" es el ganador.

En una partida de ajedrez también termina cuando un jugador decide rendirse o abandonar, o excede del tiempo de juego establecido, en ambos casos el jugador contrario gana el juego.

El "empate" o "tablas" sucede cuando no es posible la victoria para ninguno de los dos jugadores o ambos acuerdan este resultado. También se define "tablas" cuando se repite tres veces la misma posición sobre el tablero, cuando ninguno de los jugadores tiene piezas suficientes para dar "jaque mate", o si el jugador que tiene el turno no puede realizar ninguna jugada reglamentaria, situación llamada "ahogo".

Una vez finalizada la partida se otorga un punto al ganador, medio punto si ha hecho "tablas", y cero puntos al perdedor, en algunos torneos se aplican tres, uno y cero respectivamente.

Movimientos especiales

- **Enroque:** Si se dan las condiciones necesarias, un rey y una torre se pueden mover simultáneamente en un movimiento de enroque. Las condiciones que se necesitan son las siguientes:
    - El rey que hace enroque no se ha movido todavía en toda la partida.
    - La torre que hace enroque no se ha movido todavía en toda la partida.
    - El rey no se encuentra en jaque.
    - El rey se mueve a una casilla en la que no puede ser atacado por ninguna pieza enemiga, es decir, no se puede hacer enroque para que te hagan jaque.
    - Todas las casillas entre la torre y el rey antes de enroque deben estar vacías.

  Cuando se hace enroque el rey se mueve dos casillas hacia la torre, y la torre se coloca en la siguiente casilla del rey, saltando por encima de él.

- **Coronación, transformar o entrar reina:** Cuando uno o varios peones logran entrar en la octava línea del bando contrario, tiene derecho a pedir cualquier pieza, a excepción de otro peón, y elegirá la que más le convenga. El efecto es inmediato y permanente.
- **Toma el paso:** Ocurre cuando un peón se halla en la quinta casilla y un peón contrario abandona su casilla inicial y queda en la casilla situada justamente al lado de un peón contrario. Este último puede comerlo en sentido horizontal, a derecha e izquierda, tal como lo haría diagonalmente.

Las reglas oficiales de la FIDE (*World Chess Federation*) se encuentran en inglés en el enlace: http://rules.fide.com/laws-of-chess.html

También se pueden consultar traducidas al español en :

http://www.farm.es/federacion/leyes2014.pdf

Las reglas oficiales para el ajedrez para ciegos oficial se encuentran en la web de la Federación Española de Deportes para Ciegos: http://www.fedc.es .

ANEXO I. *Datasheets*

Datasheet MAX7219 (Multiplexor)

Se puede consultar la hoja de características del integrado MAX7219 desde la web del fabricante *Maxim Integrated* o en el siguiente enlace:

http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX7219-MAX7221.pdf

Datasheet Hitachi HD44780 (*Driver* LDC)

Se puede consultar la hoja de características del *driver* que controla la pantalla LDC desde la web de *Sparkfun* en el siguiente enlace:

https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf

Datasheet GDM2004D (Modulo LCD)

Se puede consultar la hoja de características del modulo LCD en la web de *Sparkfun* en el siguiente enlace:

https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/GDM2004D.pdf